



U N I V E R S I D A D  
**COMPLUTENSE**  
M A D R I D

TRABAJO FIN DE GRADO

---

**VARIACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL, SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y  
DIÁMETRO PUPILAR CON FILTRO DE ABSORCIÓN**

---

Autores:

Sandra Prados Fragoso  
Joao Parillo Mayta

Tutor/es

Nuria Garzón Jiménez  
Miguel A. Muñoz Sanz

Colaborador

Félix González Blanco

Facultad de Óptica y Optometría

Universidad Complutense de Madrid

Curso académico 2018-2019

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| 1. RESUMEN.....  | 2  |
| 2. INTRODUCCIÓN.....   | 2  |
| 3. OBJETIVOS.....  | 5  |
| 4. MATERIAL Y MÉTODOS.....                                     | 6  |
| 4.1. Pacientes .....   | 6  |
| 4.2. Características técnicas del instrumental utilizado ..... | 7  |
| 4.3. Procedimiento .....                                       | 11 |
| 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....                                  | 12 |
| 6. RESULTADOS.....   | 13 |
| 6.1. Resultados de AV, SC y diámetro pupilar.....              | 13 |
| 6.2. Resultados del test de Ishihara .....                     | 15 |
| 7. DISCUSIÓN.....  | 15 |
| 8. CONCLUSIÓN .....  | 18 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA.....   | 19 |
| 10. ANEXOS .....   | 22 |

## **1. RESUMEN**

El propósito de este trabajo es comprobar el efecto del filtro de absorción amarillo (450nm) en condiciones mesópicas sobre la agudeza visual (AV), la sensibilidad al contraste (SC), el diámetro pupilar (DP) y la visión al color para 43 pacientes jóvenes y sanos (sin patología ocular ni cirugía previa), en un rango de 18 a 27 años, pudiendo ser o no portadores de gafas o lentes de contacto. Se obtuvo la agudeza visual corregida con el test de ETDRS, la sensibilidad al contraste con el test de CSV-1000, el diámetro pupilar con regla milimetrada adjunta a la pantalla del autorrefractómetro y la visión al color con el test de Ishihara. Todas las pruebas seleccionadas para evaluar los parámetros son realizadas de forma monocular, siendo el ojo derecho el valorado si no hay ninguna patología que lo impida.

Tras la realización de todas las pruebas y la interpretación de los resultados se obtuvo que las medidas de AV, SC, visión al color y diámetro pupilar fueron las mismas en el caso del ojo desnudo sin el filtro de absorción y en el caso del ojo con el filtro de absorción, excepto una mejora significativa obtenida en la SC con el uso del filtro de absorción para frecuencias medias-altas (12 c/g).

Como conclusión, el filtro de absorción amarillo utilizado en este estudio mantiene inalterado el rendimiento visual de sus pacientes en términos de AV, SC, visión al color y diámetro pupilar en condiciones mesópicas.

## **2. INTRODUCCIÓN**

La agudeza visual (AV) es la capacidad que se tiene para identificar y percibir objetos que subtienden un ángulo.<sup>1</sup> La AV proporciona datos tangibles para la cantidad visual, pero ofrece menos para la calidad visual. Podemos encontrar pacientes que, a pesar de tener agudezas visuales altas, presenten quejas de visión tenue, nublada o poco clara en determinadas situaciones como pueden ser las de bajo contraste. En estos pacientes se deben realizar otras pruebas de la función visual como la sensibilidad al contraste (SC).<sup>2</sup>

La sensibilidad al contraste se define como la inversa del umbral de contraste siendo este la menor cantidad de contraste necesario para poder ver un objeto.<sup>1</sup> A su vez, la función de la sensibilidad al contraste (FSC) representa la medida psicofísica de la sensibilidad del sistema visual a los cambios de luminancia espacial para la detección de distribuciones sinusoidales.<sup>3</sup>

Por otro lado, es sabido que la pupila es una abertura central en el iris que actúa a modo de diafragma ya que controla la cantidad de luz que entra en el ojo y es uno de los elementos oculares que mejora la calidad de la imagen que se forma en la retina.<sup>4</sup> El diámetro de la pupila resulta del equilibrio de la acción del músculo esfínter de la pupila y las fibras radiales del iris que tienen, únicamente, innervación autónoma. Puede variar en función de las condiciones externas, contrayéndose en condiciones de buena iluminación y dilatándose en condiciones de baja iluminación.

El tamaño óptimo de pupila que proporciona la mejor calidad óptica depende de la magnitud y distribución de las aberraciones en cada ojo. Dicho tamaño óptimo se sitúa en torno a 3 milímetros.<sup>5</sup>

Otro factor a conocer en cuanto a la visión del paciente es la evaluación de la visión del color; esta tiene como propósito detectar defectos adquiridos y hereditarios de la visión del color. Esta evaluación puede ser significativa a la hora de evaluar los conos de la mácula y la función del nervio óptico o de colocar un sistema delante del ojo que pueda afectar a la visión del color.<sup>6</sup>

En cuanto al uso de filtros, sabemos que un filtro óptico es un dispositivo que elimina o selecciona ciertas frecuencias de un espectro óptico.<sup>7</sup> Estos dispositivos cubren la función de proteger al ojo de la energía radiante nociva o no deseada.<sup>8</sup>

Para describir las propiedades ópticas de un filtro se utilizan los conceptos de absorción, transmitancia y reflexión.

La Absorción (A) de un material se define como el cociente entre la intensidad de la luz que absorbe y la que incide sobre el mismo. La Transmisión (T) de un material se define como el cociente entre la intensidad de la luz que transmite y la que incide sobre el mismo. La Reflexión (R) de un material se define como la intensidad de la luz que se refleja y la que incide sobre el mismo. La relación entre absorción, transmisión y reflexión es  $A+T+R=1$ ; por lo que el valor de cada uno debe estar entre 0 y 1 y se suele dar en porcentaje (%).<sup>9</sup>

La técnica más habitual para la caracterización de filtros es la espectrofotometría, considerada como el método de medida de la cantidad de energía radiante que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda de la radiación.<sup>9</sup>

Dentro de los filtros ópticos encontramos filtros de densidad neutra o convencionales y filtros absorbentes.

Los filtros de densidad neutra o convencionales presentan como característica fundamental reducir la intensidad luminosa de la fuente. Rosenberg al referirse a este tipo de filtros, afirma que eliminan porcentajes iguales de todas las longitudes de onda correspondientes al espectro visible, no produciéndose ni un cambio en el color aparente de la fuente luminosa, ni en sus propiedades espectrales, dándose una disminución proporcional de la curva completa de luz.<sup>8</sup>

Los filtros absorbentes actúan de forma selectiva sobre determinadas longitudes de onda. Debido a esto, cambian las propiedades espectrales de la luz que los atraviesa y es posible que se produzca un cambio en el color aparente de la imagen. Se caracterizan por un número de tres dígitos que se corresponde con la longitud de onda (en nanómetros) hasta la cual el filtro absorbe la mayor parte de la luz, que puede complementarse por la curva de transmisión o absorción espectral.<sup>10</sup>

La prescripción de los filtros convencionales para personas con problemas de baja visión queda reducida a situaciones concretas en las que aparecen patologías visuales que afectan a los medios de transmisión del ojo y a aquellas otras que derivan problemas de alta sensibilidad a la luz (aniridias, ftofobias, etc.) y deslumbramientos producidos por cataratas o distrofias de la córnea.<sup>8</sup>

La prescripción de filtros de absorción se ha venido realizando para todo tipo de patologías oftalmológicas, resultando especialmente indicados para aquellas que se sustentan en alteraciones de la retina.<sup>8</sup>

Actualmente existen diferentes casas comerciales que recomiendan sus filtros ópticos para determinadas patologías y actividades. Entre éstas encontramos: filtros UV Shield (12 clases diferentes), filtros NoiR (22 clases diferentes) y 6 filtros fotocromáticos Corning (CPF). Los primeros protegen al 100% frente al UV y la luz visible, mientras que los segundos protegen al 100% cerca del infrarrojo ofreciendo protección frente al UV y confort visual. Corning por su lado posee seis filtros de corte diferente trasmitiendo cada uno de ellos por encima de la longitud de onda que representan, CPF 450 nm a actividades de interior (lectura, tv, oficina), y asignando el CPF 511nm y el 527 nm a patologías como la DMAE y la catarata.<sup>11</sup>

En cuestiones oculares, diferentes estudios avalan la utilidad de filtros amarillos como elementos ópticos complementarios al pigmento amarillo natural que poseen

muchas especies animales (sobre todo diurnas; perros, ardillas, peces) para mejorar la función visual.<sup>11</sup>

Los filtros amarillos (450 nm) reducen la dispersión de la luz (que es mayor para las longitudes de onda más cortas que para las longitudes de onda más largas), lo que sugiere que los filtros amarillos deberían mitigar los efectos visuales de la dispersión, como la sensibilidad al contraste reducida.<sup>12</sup> Estos filtros son adecuados para utilizarlos en condiciones de baja luminosidad, como con niebla, nublados o en la conducción nocturna, ya que favorece un aumento de los niveles del contraste, por lo que no son válidos para utilizarlos en días soleados.<sup>13</sup>

La realización de este trabajo estuvo impulsada por la presencia que tienen los filtros amarillos hoy en día para diferentes actividades. Estudios anteriores muestran la importancia que los filtros amarillos tienen en tareas visuales relacionadas con la conducción, ya que encontraron mejoras en los tiempos de respuesta de los adultos jóvenes (20-39 años); aunque en las pruebas de AV y SC no hubo efectos significativos.<sup>12</sup> Otros estudios muestran importantes beneficios en la SC en condiciones de deslumbramiento con el uso de filtros amarillos, ya que estos podrían reducir los efectos de la dispersión de la luz, que aumentan con la edad entre 51 y 60 años ( $p = 0,007$ ); aunque no se encontró mejora en la agudeza visual en condiciones de deslumbramiento.<sup>2</sup>

También encontramos estudios que obtuvieron incrementos en la capacidad de discriminación visual en condiciones de baja iluminación en pacientes con Retinopatía Pigmentaria.<sup>14</sup> Por último, otro estudio muestra que la media de la SC a baja y media frecuencia (1.5 ciclos / grado  $p = 0.002$  y 6 ciclos / grado  $p = 0.02$ ) fue significativamente mejor con el filtro, de igual forma, la agudeza visual mesópica de bajo contraste (5%) mejoró significativamente ( $p = 0,004$ ) al interponer el filtro amarillo.<sup>15</sup>

### **3. OBJETIVOS**

Nuestro estudio tiene como objetivo verificar de forma objetiva si hay una mejora en la visión en pacientes jóvenes con el uso de filtros de absorción ya que hasta ahora los filtros amarillos (450 nm) son prescritos de forma habitual para la conducción nocturna, actividades al aire libre o en pacientes de baja visión, entre

otros, debido a que normalmente tenemos la percepción de que nuestra visión mejora con su uso.<sup>12</sup>

- **Objetivo principal:**

- Evaluar las variaciones de resultados que se producen en la agudeza visual en pacientes jóvenes y sanos con y sin filtro de absorción (450nm).

- **Objetivos secundarios:**

- Evaluar las variaciones de resultados que se producen en la sensibilidad al contraste en pacientes jóvenes y sanos con y sin filtro de absorción (450nm).
- Evaluar las variaciones de resultados que se producen en el diámetro pupilar en pacientes jóvenes y sanos con y sin filtro de absorción (450nm).
- Evaluar las variaciones de resultados que se producen en la visión al color en pacientes jóvenes y sanos con y sin filtro de absorción (450nm).

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **4.1. Pacientes**

Tras realizar el cálculo muestral tomando como referencia los resultados obtenidos del artículo “Effects of yellow filters on visual acuity, contrast sensitivity and reading under conditions of forward light scatter” de Eperjesi, F. & Agelis, L.E. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol se obtiene que la muestra debe tener 43 pacientes.<sup>16</sup>

#### Criterios de inclusión:

1. Sujetos sanos sin ninguna patología ocular previa
2. Consentimiento informado firmado por escrito para realización de las pruebas a estudio.

### Criterios de exclusión:

#### 1. Cirugía ocular previa

Los sujetos han sido reclutados dentro de los estudiantes universitarios de la Facultad de Óptica y Optometría de la UCM.

#### **4.2. Características técnicas del instrumental utilizado**

- Autorrefractómetro: NIDEK (Modelo ARK-700).

Mide la potencia refractiva y cilíndrica, así como la curvatura corneal (potencia refractiva corneal). El instrumento puede realizar varias pruebas:

- Medición de potencia refractiva (AR).
- Medición del tamaño corneal (CS).
- Medición del tamaño pupilar (PS).
- Medición de la distancia interpupilar (PD).
- Medición del radio sagital.<sup>17</sup>



*FIGURA 1. AUTORREFRACTÓMETRO NIDEK ARK 700.*

- Test de AV: Test ETDRS.

Es un test en escala LogMAR basado en el diseño sugerido por Bailey y Lovie incorporando las recomendaciones de la Academia Nacional de Ciencias de EE.UU.<sup>19</sup>

El test tiene letras de alto contraste en poliestireno blanco lavable. Cada línea tiene cinco letras Sloan por fila que varían en tamaño de +1.0 a -0.30 LogMAR; las líneas son de igual dificultad, y hay una progresión geométrica en el tamaño de la letra de una línea a otra, lo que proporciona una tarea similar para cada línea en el gráfico, siendo el tamaño de la letra la única variable. El test presenta diferentes secuencias de letras para probar los ojos derecho e izquierdo.<sup>19-20</sup>



El fabricante del test ETDRS es Precisión Visión, cuyas dimensiones son 65 x 65 cm.

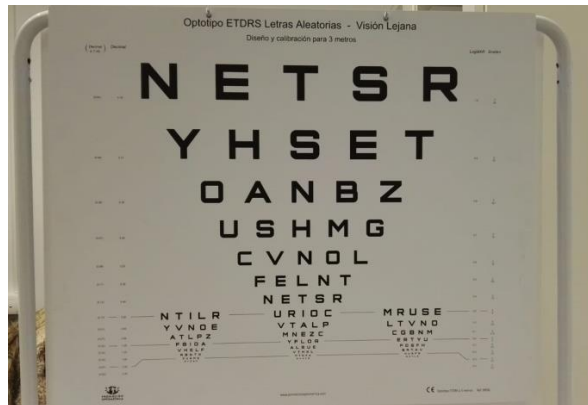


FIGURA 2. TEST ETDRS.

- Test de SC: Test de CSV-1000.

El CSV-1000 consiste en una serie de patrones acromáticos circulares de onda senoidal de 1.5 pulgadas de diámetro. A través de cada fila, hay pares verticales de círculos, uno de los cuales contiene un patrón de onda senoidal mientras que el otro está en blanco. Hay cuatro filas, cada una de las cuales corresponde a una de las cuatro frecuencias espaciales; 3, 6, 12 ó 18 cpg. Cuando se selecciona una frecuencia espacial determinada se muestra al sujeto un ejemplo de umbral superior del patrón de prueba. Cada frecuencia espacial se presenta en ocho niveles de contraste diferentes que disminuyen sistemáticamente de 0.20 a 0.08 en ocho columnas de izquierda a derecha.<sup>21</sup> El paciente fue indicando donde se encontraba el patrón de ondas senoidales, llegando al máximo en cada una de las 4 filas.

El fabricante del test CSV-1000 es Vector Vision, cuyas dimensiones son 65 x 65 cm.

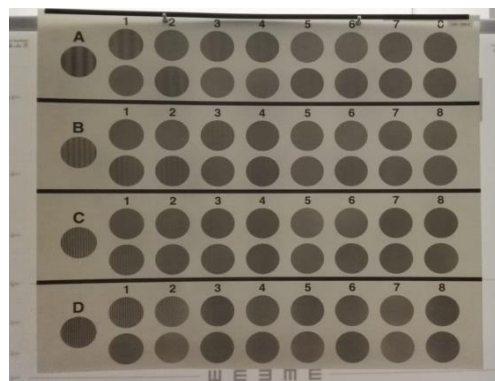


FIGURA 3. TEST CSV-1000.

- Test de color: Tets de Ishihara para 75cm en ángulo recto con la línea visual, cuya patente es del Dr.Ishihara.<sup>22</sup>

Es un test del libro pseudoisocromático, útil para la detección de alteraciones congénitas rojo-verde (protán o deután). En su versión completa consta de 38 láminas, las 25 primeras representan números y los 13 restantes representan caminos o trayectorias (se usa en casos de no reconocimientos de los números). De la 2 a la 9 son láminas reconocibles por todo tipo de observador. De la 10 a la 17 son láminas que no pueden ser vistas por pacientes con alteración en la visión cromática. De la 18 a la 21 son láminas que solo pueden ser vistas por pacientes con alteración en la visión cromática. De la 22 a la 25 son láminas que sirven para clasificar el tipo de alteración al color. Cada una de estas láminas contiene dos números, el de la derecha solo es visto por el sujeto protán y el de la izquierda por el deután; en el caso de que ambos números sean vistos por el sujeto hay que identificar cuál de los dos números se ve menos claro para poder clasificar la deficiencia.<sup>1</sup> El tiempo máximo para reconocer cada lámina son de 3 segundos.

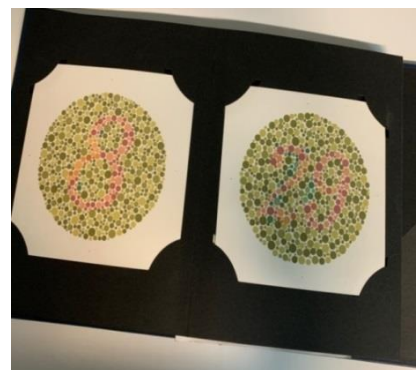
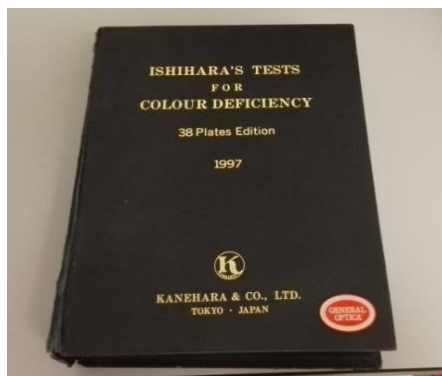


FIGURA 4 Y 5. TEST ISHIHARA.

- Filtro amarillo (450nm):

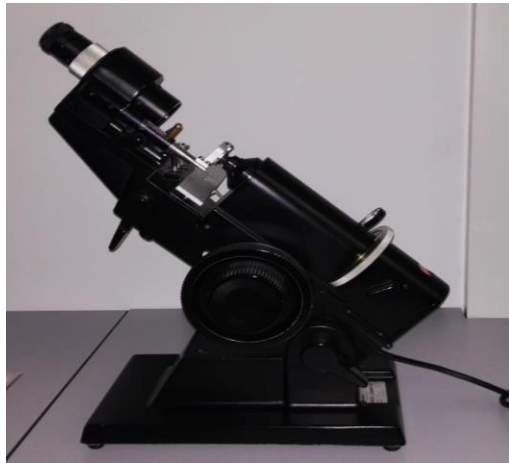
Se empleó un filtro de absorción de 450nm para llevar a cabo todas las pruebas con filtro.



FIGURA 6. FILTRO 450NM.

- Frontofocómetro:

El frontofocómetro es un instrumento óptico utilizado para la medida de potencias de lentes oftálmicas, así como la determinación de su centro óptico y orientación de los meridianos principales en el caso de que la lente sea astigmática. El fundamento del frontofocómetro manual se basa en un test iluminado, un sistema de colimación y uno de observación que incluye un retículo.<sup>23</sup>



*FIGURA 7. FRONTOFOCÓMETRO.*

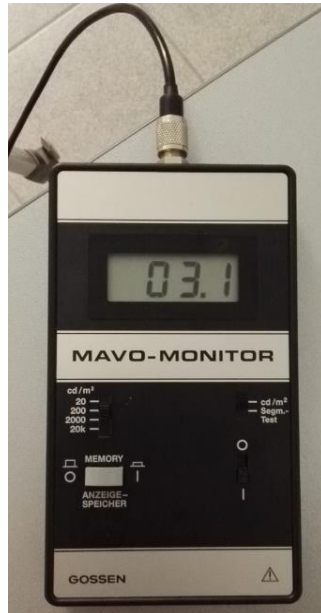
- Ocluser: Se empleó un ocluser opaco para llevar a cabo todas las pruebas de forma monocular.
- Gafa de prueba: Se empleó la gafa de prueba para la realización de todas las pruebas con la mejor compensación posible sin y con filtro de 450nm.



*FIGURA 8. OCLUSOR Y GAFAS DE PRUEBA.*

- Luminancímetro: Mavo Spot, de Gossen.

Ofrece los índices de luminancia en  $\text{Cd/m}^2$ ,<sup>18</sup> lo que nos permitió controlar las condiciones de luminancia con las que estábamos trabajando en todo momento.



FIGURAS 9 Y 10. LUMINANCÍMETRO MAVO SPOT.

#### 4.3. Procedimiento

Previo al estudio de los distintos parámetros a evaluar, se obtuvo el estado refractivo de cada paciente de forma objetiva con el autorrefractómetro y tomamos su AV con la mejor refracción posible sin y con filtro de 450nm sobre la gafa de pruebas. Esta medida es necesaria para comprobar, por comparación de los resultados obtenidos en las dos medidas de la AV, si esta mejora o empeora con el filtro, o si este no tiene efecto alguno sobre la AV.

La medida de la agudeza visual corregida se hizo de forma monocular (ojo derecho), con el test ETDRS colocado a 4 metros y en condiciones mesópicas; considerando luminancia mesópica aquella que cae aproximadamente entre 1 y 6  $\text{Cd/m}^2$ . La luminancia de elección para llevar a cabo todas las pruebas de este estudio fue de 3  $\text{Cd/m}^2$ .<sup>24</sup>

Para la medida de la Sensibilidad al Contraste se utilizó el test CSV-1000 de forma monocular, en condiciones mesópicas. Es importante evaluar este parámetro ya que, aunque la AV no varíe significativamente con el uso de un filtro de absorción de 450nm, este puede influir en la SC lo que podría dar lugar a una gran mejora visual.<sup>2</sup>

En la evaluación del diámetro pupilar se contó con un autorrefractómetro que disponía de una regla milimetrada incorporada a la pantalla, lo que nos permitió medir el diámetro pupilar en condiciones de iluminación mesópica a escala, ya que el valor real de la pupila se obtuvo de dividir el valor obtenido entre 7. Para llevar a cabo la medición del diámetro pupilar el paciente debía estar en una posición cómoda y mirando al infinito; era importante que su mirada no fuera a un objeto cercano ya que en visión próxima nuestras pupilas se contraen por realizar una convergencia acomodativa. La importancia de esta medida radicaba en evaluar si el filtro disminuía el diámetro pupilar y con ello la cantidad de luz que entraba en el ojo.<sup>25</sup>

Se estudió la visión al color de manera monocular mediante el test de Ishihara. Realizamos esta prueba para comprobar si el filtro de 450nm afecta a la visión al color.

Se repitieron las pruebas de SC, diámetro pupilar y color insertando el filtro amarillo en la gafa de pruebas y comparamos los resultados con los obtenidos sin filtro.

## **5. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

Para la realización de los análisis estadísticos se utilizó el programa SPSS IBM versión.22.0. Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de significación del 5%, es decir, las diferencias son estadísticamente significativas cuando  $p < 0.05$ .

Se llevaron a cabo estadísticos descriptivos para obtener los valores medios de los parámetros evaluados y su desviación estándar, así como para describir a la población estudiada.

Además, también se obtuvieron gráficos de frecuencias y se realizaron muestras pareadas para comparar si hay diferencias estadísticamente significativas en las medidas realizadas a los mismos pacientes sin filtro y con filtro de absorción.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Resultados de AV, SC y diámetro pupilar

En este estudio han sido evaluados 43 ojos derechos de 43 pacientes de los cuales 34 eran mujeres y 9 eran hombres.

La edad media de los sujetos estudiados ha sido de  $21.81 \pm 2.40$  (rango 18-27) años.

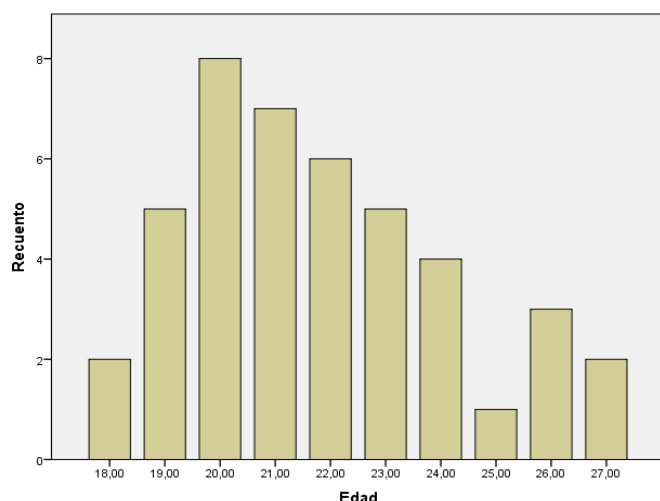


FIGURA 11. NÚMERO PACIENTES SEGÚN SU EDAD.



FIGURA 12. CANTIDAD Y PORCENTAJE DE HOMBRES Y MUJERES PARTICIPANTES.

El estado refractivo de los sujetos presenta una media de  $-1.13 \pm 1.78$  (rango -5.5 a +2.5) dioptrías de esfera y una media  $-0.67 \pm 0.94$  (rango -4.5 a 0) dioptrías de cilindro.

En cuanto a los resultados obtenidos en las pruebas realizadas sin filtro se obtuvo una AV media de  $-0.03 \pm 0.06$  (rango de -0.18 a 0.10) LogMAR, una media de FSC (3) de  $1.66 \pm 0.23$  (rango 1.17 a 2.08) ciclos/grado, para FSC (6) la media fue de  $1.71 \pm 0.22$  (rango 1.38 a 2.29) ciclos/grado, para FSC (12) el resultado fue  $1.17 \pm 0.36$  (rango de 0.61 a 1.99) ciclos/grado y por último para la FSC (18) la media obtenida fue de  $0.69 \pm 0.29$  (rango de 0.17 a 1.40) ciclos/grado.

La media del tamaño pupilar obtenido sin filtro fue de  $6.24 \pm 0.64$  mm (rango de 5 a 7.14) mm.

| ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS |    |       |                     |            |    |       |                     |
|---------------------------|----|-------|---------------------|------------|----|-------|---------------------|
| SIN FILTRO                |    |       |                     | CON FILTRO |    |       |                     |
|                           | N  | MEDIA | DESVIACION ESTANDAR |            | N  | MEDIA | DESVIACION ESTANDAR |
| AV                        | 43 | -0,03 | 0,062               | AV         | 43 | -0,04 | 0,059               |
| FSC(3)                    | 43 | 1,66  | 0,231               | FSC(3)     | 43 | 1,66  | 0,201               |
| FSC(6)                    | 43 | 1,71  | 0,222               | FSC(6)     | 43 | 1,7   | 0,222               |
| FSC(12)                   | 43 | 1,17  | 0,356               | FSC(12)    | 43 | 1,04  | 0,280               |
| FSC(18)                   | 43 | 0,69  | 0,289               | FSC(18)    | 43 | 0,64  | 0,310               |
| PUPILA                    | 43 | 6,24  | 0,636               | PUPILA     | 43 | 6,29  | 0,655               |

FIGURA 13. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS VALORES CON Y SIN FILTRO.

Las medias obtenidas tras la realización de la mismas pruebas con la utilización del filtro de absorción fueron para la AV de  $-0.04 \pm 0.06$  (rango de -0.14 a 0.14) LogMAR, una media de FSC (3) de  $1.66 \pm 0.20$  ciclos/grado (rango 1.34 a 2.08) ciclos/grado, para FSC (6) la media fue de  $1.70 \pm 0.22$  ciclos/grado (rango 1.21 a 2.14) ciclos/grado, para FSC (12) el resultado fue  $1.04 \pm 0.28$  ciclos/grado de media (rango de 0.61 a 1.54) ciclos/grado y por último para la FSC (18) la media obtenida fue de  $0.64 \pm 0.31$  ciclos/grado (rango de 0,17 a 1,4) ciclos/grado. La media del tamaño pupilar obtenido con filtro fue de  $6.24 \pm 0.66$  mm (rango de 4.71 a 7.29) mm.

En el análisis de muestras pareadas obtuvimos una media de AV-AV con filtro de  $0.01 \pm 0.06$  LogMAR ( $p=0.19$ ). En cuanto test de sensibilidad al contraste encontramos una media para FSC(3)-FSC(3) con filtro de  $0.00 \pm 0.20$  ciclos/grado ( $p=1.00$ ), para FSC(6)-FSC(6) con filtro  $0.02 \pm 0.23$  ciclos/grado ( $p=0.64$ ), para FSC(12)-FSC(12) con filtro el resultado fue  $0.013 \pm 0.35$  ciclos/grado de media ( $p=0.02$ ) y por último para la FSC(18)-FSC(18) con filtro la media obtenida fue de  $0.04 \pm 0.24$  ciclos/grado ( $p=0.22$ ). La media del tamaño pupilar obtenido sin filtro-con filtro fue de  $0.012 \pm 0.06$  mm ( $p=0.081$ ).

| PRUEBA DE MUESTRAS PAREADAS           |              |
|---------------------------------------|--------------|
| COMPARACIONES                         | p - VALOR    |
| AV - AV con filtro                    | 0,185        |
| FSC (3) - FSC (3) con filtro          | 1,000        |
| FSC (6) - FSC (6) con filtro          | 0,636        |
| <b>FSC (12) - FSC (12) con filtro</b> | <b>0,020</b> |
| FSC (18) - FSC (18) con filtro        | 0,223        |
| Pupila - Pupila con filtro            | 0,081        |

FIGURA 14. COMPARACIONES DE LOS VALORES CON Y SIN FILTRO.

## 6.2. Resultados del test de Ishihara

En cuanto al test de Ishihara los resultados son los mismos sin y con el uso del filtro de absorción. Encontramos que 24 de los 43 pacientes no presentan ningún fallo y 19 de los 43 pacientes fallaban en alguna de las 21 láminas presentadas.

Sólo 2 de esos 19 pacientes dieron fallos que podemos clasificar como deuteranómalos. Sus respuestas tampoco variaron sin y con la interposición del filtro de absorción.

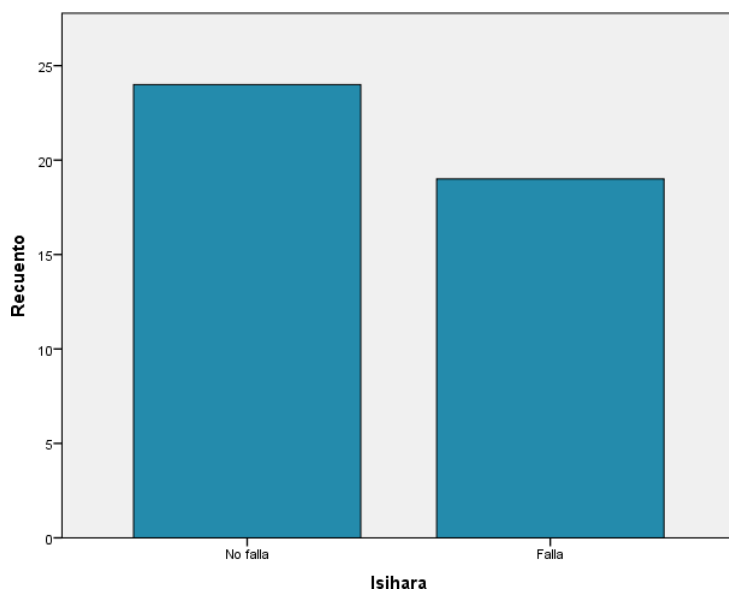


FIGURA 13. RESULTADOS TEST ISHIHARA.

## 7. DISCUSIÓN

En este trabajo se ha comparado la AV en escala LogMAR, la SC, el diámetro pupilar y la visión al color con y sin filtro de absorción en pacientes sanos y jóvenes. Los resultados no muestran una mejora significativa en la AV, ni en el diámetro pupilar y tampoco en la visión al color con el uso del filtro de absorción, solo encontramos una mejora significativa en la SC para frecuencias medias-altas (12 c/g).

En el estudio de Mahjoob M, Heydarian S, Koochi S., la SC mejora en sujetos entre 51-60 años ( $p=0.007$ ), sin embargo la AV no mejora con el uso del filtro de manera significativa.<sup>2</sup> Concluyen que el filtro amarillo tiene beneficios en la SC, pero que influyen más en mayores que en jóvenes.

A pesar de usar el test de Snellen, y no el de ETDRS, tampoco encuentran mejora en la AV con filtro. En el caso de la SC encuentran mejoras con el uso del



filtro ( $p=0,000$ ).<sup>2</sup> Esta mejora, no encontrada en nuestro estudio, se puede deber al uso del test de Pelli-Robson; a que la muestra fue mayor, 60 sujetos de entre 5-60 años frente a 43 sujetos jóvenes, sanos y sin ninguna cirugía ocular previa de entre 18-27 años y, sobre todo, que la mejora fue significativa en el grupo de 51-60 años ( $p=0,007$ ); rango de edad no estudiado en el presente trabajo.

Este estudio de Lacherez P, Saeri AK, Wood JM, Atchison DA, Horswill MS., concluyen que los filtros amarillos mejoran los tiempos de respuesta en adultos jóvenes para tareas visuales de conducción. Los pacientes mayores disminuyen su AV de manera significativa ( $p<0,001$ ) con respecto a los jóvenes, de igual manera la SC de las letras en pacientes mayores disminuye ( $p=0,001$ ) con respecto a los jóvenes.<sup>12</sup>

La diferencia de resultados con respecto a nuestro trabajo puede ser debido a que la muestra de este estudio fue de 18 sujetos dividido en dos grupos de 9 sujetos de entre 20-39 años y de 67-82 años,<sup>12</sup> frente a los 43 sujetos de entre 18-27 años de nuestro estudio. Además, el test usado para la SC fue Pelli-Robson, mientras el nuestro fue el CSV-1000. Siendo también diferentes los objetivos de cada estudio; ellos evaluaban el efecto del filtro amarillo sobre las tareas visuales en la conducción y nosotros evaluamos el efecto del filtro amarillo sobre el rendimiento visual en términos de AV, SC, visión al color y diámetro pupilar en condiciones mesópicas.

Un estudio de Perez MJ, Puell MC, Sanchez C, Langa A., muestra mejoras con el uso de filtro(482nm), tanto en la AV de bajo contraste 5% ( $p=0,004$ ) como en la SC binocular en frecuencias espaciales medida de bajo contraste 1,5 ciclos/grado ( $p=0,002$ ) y medio contraste 6 ciclos/grado ( $p=0,004$ ).<sup>15</sup>

Concluyen que el uso del filtro amarillo es beneficioso en condiciones mesópicas en pacientes sanos, ya que hay una mejora en la SC para 1,5 ciclos/grado y 6 ciclos/grado. A diferencia de nuestros resultados en los que solo obtenemos mejora para 12 ciclos/grado a pesar de ser pacientes jóvenes en ambas muestras.

Los resultados obtenidos en este trabajo difieren de los nuestros a pesar de usar una muestra de tamaño y un rango de edad muy similares. Esta discrepancia se puede deber a que la SC fue medida en condiciones binoculares con el test Vistech VCTS 6500 a 3m con una luminancia  $0.5 \pm 0.2 \text{ Cd/m}^2$  y al uso de un filtro de distinta longitud de corte.<sup>15</sup>

El estudio de Rieger G. también muestra mejoras de la SC con el filtro amarillo ( $p=0,001$ ), la diferencia con respecto a nuestro trabajo y que puede explicar la mejora de la SC que nosotros no hemos obtenido está en que utilizaron una muestra de 15 sujetos, menor a la nuestra, y el rango de edad era entre 26 a 58 años diferente al rango utilizado en nuestro estudio, aunque en ambos casos eran pacientes sanos.<sup>13</sup>

En el estudio de Yap M. encontramos que, en condiciones fotópicas, condiciones de iluminación no evaluadas por nosotros, hubo una mejora significativa en la SC y que en condiciones mesópica, mismas condiciones que en nuestro estudio, no hubo mejoría de la SC en la mayoría de las frecuencias.<sup>26</sup> Los resultados obtenidos en condiciones mesópicas, se pueden asemejar a los nuestros ya que solo encontramos mejoras para la SC de 12 ciclos/grado.

Por lo que los resultados obtenidos en este trabajo en las mismas condiciones que las estudiadas en nuestro trabajo si concuerdan.

Otro estudio llevado a cabo por Wolffsohn JS en 20 sujetos con una media de edad de 22.5 años, indica que no hubo una diferencia significativa con y sin uso del filtro ni en el ojo derecho ( $p = 0.99$ ), ni en el ojo izquierdo ( $p = 0.98$ ) y tampoco binocularmente ( $p = 0.56$ ) con un test de Bailey-Lovie a 6 m.<sup>27</sup> A pesar de ser una forma distinta de medición, concuerda con los resultados obtenidos en nuestro trabajo.

En el trabajo de Pérez Carrasco MJ realizado a 38 sujetos emétopes adultos, a los que se midió la sensibilidad al contraste (SC) con el Vistech VCTS 6500, muestra un aumento de la SC mesópica para las frecuencias espaciales de 1.5 ciclos/grado ( $p= 0.002$ ) y 6 ciclos/grado ( $p= 0.02$ ), y la agudeza visual (AV) de bajo contraste (5%) medido con Microlens UPT-1000 da como resultado ( $p= 0.0004$ ).<sup>3</sup> Los resultados varían con respecto a los nuestros, teniendo en cuenta que las medidas de la SC se realizaron con frecuencias más bajas, además que el sistema de medición fue distinto y la AV tiene un contraste menor.

## **8. CONCLUSIÓN**

No hemos obtenido diferencias significativas en los resultados de la agudeza visual en pacientes jóvenes y sanos con y sin filtro de absorción (450nm).

De igual forma, no se han obtenido diferencias significativas en los resultados de la sensibilidad al contraste en pacientes jóvenes y sanos con y sin filtro de absorción (450nm). Sólo encontramos una mejora significativa en la SC para frecuencias medias-altas (12 ciclos/grado).

Tampoco hubo diferencias significativas en los resultados del diámetro pupilar en pacientes jóvenes y sanos con y sin filtro de absorción (450nm).

Todos los datos obtenidos en cuanto a la visión al color son iguales con y sin filtro de absorción (450nm).

Por lo tanto, podemos concluir que el filtro de absorción de 450nm no produce mejoría significativa en ninguna de las pruebas llevadas a cabo en este trabajo.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Martín Herranz RI, Vecilla Antolínez G. Manual de optometría. 1a. reimp. ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2012.
2. Mahjoob M, Heydarian S, Koochi S. Effect of yellow filter on visual acuity and contrast sensitivity under glare condition among different age groups. *Int Ophthalmol*. 2016;36(4):509-514.
3. Pérez Carrasco MJ. Efecto de un filtro amarillo sobre la función visual mesópica de sujetos emétopes y sujetos miopes operados de cirugía refractiva lasik: Universidad Complutense de Madrid; 2007.
4. E. Leon-Sarmiento FaPDaGC. Pupila, pupilometría y pupilografía. *Acta Neurol Colomb*. 2008;24(4):188-197.
5. Marcos S. Calidad óptica del ojo. *Investigación y ciencia*. 2005;345(7):66-74.
6. Carlson NB. Procedimientos clínicos en el examen visual. Madrid: Ciagami D.L.; 1994.
7. Real Academia Española.Filtro. <http://dle.rae.es/?id=HwrBUz4>.
8. Cantalejo Cano JJ. Prescripción de filtros: procedimientos de observación sistemática y proceso de toma de decisiones. *Integración: revista sobre ceguera y deficiencia visual*. 2001;37(5):26-34.
9. Sánchez-Ramos Roda C. Filtros ópticos contra el efecto fototóxico del espectro visible en la retina: experimentación animal: Universidad Europea de Madrid; 2010.
10. Seco Rodríguez E. Efectividad de filtros de absorción selectiva en pacientes con baja visión: Universidad de Valladolid. Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada (IOBA); 2014.
11. Cayado Fernández A. Espectro electromagnético y eficacia de los filtros ópticos en patología oculares: Universidad de Valladolid; 2014.
12. Lacherez P, Saeri AK, Wood JM, Atchison DA, Horswill MS. A yellow filter improves response times to low-contrast targets and traffic hazards. *Optom Vis Sci*. 2013;90(3):242-248.
13. Rieger G. Improvement of contrast sensitivity with yellow filter glasses. *Can J Ophthalmol*. 1992;27(3):137-138.

14. Cedrun-Sanchez JE, Chamorro E, Bonnin-Arias C, Aguirre-Vilacoro V, Castro JJ, Sanchez-Ramos C. Visual Discrimination Increase by Yellow Filters in Retinitis Pigmentosa. *Optom Vis Sci*. 2016;93(12):1537-1544.
15. Perez MJ, Puell MC, Sanchez C, Langa A. Effect of a yellow filter on mesopic contrast perception and differential light sensitivity in the visual field. *Ophthalmic Res*. 2003;35(1):54-59.
16. Eperjesi F. Effects of yellow filters on visual acuity, contrast sensitivity and reading under conditions of forward light scatter. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2011;249(5):709-714.
17. Harb TS, de Liaño RG. Estudio de topografía corneal y estudio refractivo en niños de tres a quince años. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2011.
18. Córica LaPA. Protocolo De Mediciones De Iluminación Natural En Recintos Urbanos. *ASADES*. 2005;9(5):85-90.
19. Rosser DA, Cousens SN, Murdoch IE, Fitzke FW, Laidlaw DA. How sensitive to clinical change are ETDRS logMAR visual acuity measurements? *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44(8):3278-3281.
20. Ferris FL, Kassoff A, Bresnick GH, Bailey I. New visual acuity charts for clinical research. *Am J Ophthalmol*. 1982;94(1):91-96.
21. Kelly SA, Pang Y, Klemencic S. Reliability of the CSV-1000 in adults and children. *Optometry and Vision Science*. 2012;89(8):1172-1181.
22. Ishihara S. Tests for colour-blindness: Kanehara Shuppan Company Japan; 1960.
23. Espinosa J, Mas D, Domenech B, Pérez Rodríguez J, Vázquez Ferri C. TIC aplicadas al aprendizaje del uso del frontofocómetro para la medida de lentes oftálmicas. *Memòries del Programa de Xarxes-I3CE de qualitat, innovació i investigació en docència universitària. Convocatòria 2016-2017*. 2017.
24. Camparini M, Cassinari P, Ferrigno L, Macaluso C. ETDRS-Fast: Implementing Psychophysical Adaptive Methods to Standardized Visual Acuity Measurement with ETDRS Charts. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2001;42(6):1226-1231.
25. Park H, Park IK, Shin JH, Chun YS. Objective Verification of Physiologic Changes during Accommodation under Binocular, Monocular, and Pinhole Conditions. *J Korean Med Sci*. 2019;34(4):e32.

26. Yap M. The effect of a yellow filter on contrast sensitivity. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1984;4(3):227-232.
27. Wolffsohn JS, Cochrane AL, Khoo H, Yoshimitsu Y, Wu S. Contrast is enhanced by yellow lenses because of selective reduction of short-wavelength light. *Optom Vis Sci.* 2000;77(2):73-81.

## 10. ANEXOS

### Anexo I. Hoja de aprobación del comité ético.



Hospital Clínico San Carlos

Comunidad de Madrid

Informe Dictamen Protocolo Favorable

C.P. FILTROS 2018 - C.I. 18/565-E\_TFG

28 de diciembre de 2018

CEIC Hospital Clínico San Carlos

Dra. Mar García Arenillas  
Presidenta del CEIC Hospital Clínico San Carlos

#### CERTIFICA

Que el CEIC Hospital Clínico San Carlos en su reunión del día 19/12/2018, acta 12.2/18 ha evaluado la propuesta del Trabajo Fin de Grado:

**Título: "Variación de la agudeza visual, sensibilidad al contraste y diámetro pupilar con filtros de absorción"**

**Código Interno:** 18/565-E\_TFG

**Versión Protocolo:** Versión 2. Diciembre 2018

**Versión Hoja Información al Paciente:** sin versión

Que en este estudio:

- o Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- o Es adecuado el procedimiento para obtener el consentimiento informado.
- o La capacidad del investigador y los medios disponibles son adecuados para llevar a cabo el estudio.
- o El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto de los postulados éticos.
- o Se cumplen los preceptos éticos formulados en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica mundial sobre principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos y en sus posteriores revisiones, así como aquellos exigidos por la normativa legal aplicable en función de las características del estudio.

Es por ello que el Comité **informa favorablemente** sobre la realización de dicho proyecto por la Dra. Nuria Garzón Jiménez como investigadora principal en la Facultad de Óptica y Optometría de la Universidad Complutense de Madrid.

Lo que firmo en Madrid, a 28 de diciembre de 2018

Dra. Mar García Arenillas  
Presidenta del CEIC Hospital Clínico San Carlos

Hospital Clínico San Carlos

Página 1 de 1

Profesor Martín Lagos, s/n. - Puerta G - 4ª Norte Madrid 28040 Madrid España

Tel. 91 330 34 13 Fax. 91 330 32 99 Correo electrónico ceic.hcsc@salud.madrid.org

## **Anexo II. Consentimiento informado.**

Título del estudio: **“Variación de la agudeza visual, sensibilidad al contraste y diámetro pupilar con filtros de absorción”**

**Yo:**

***(Poner nombre y apellidos)***

***Declaro que he sido amplia y satisfactoriamente informado de forma oral, he leído este documento, he comprendido y estoy conforme con las explicaciones del procedimiento, que dicha información ha sido realizada. He podido hacer preguntas sobre el estudio.***

***He hablado con:***

***(Nombre del investigador)***

*Comprendo que mi participación es voluntaria. Comprendo que puedo retirarme del estudio:*

*1º Cuando quiera*

*2º Sin tener que dar explicaciones*

*3º Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos*

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio

**Firma del participante**

**Fecha**

**Firma del investigador**

**Fecha**





## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: SANDRA PRADOS FRAGOSO  
Título del ejercicio: ENTREGA MEMORIA TFG PARA G...  
Título de la entrega: Variación de la agudeza visual, sen...  
Nombre del archivo: 363375\_SANDRA\_PRADOS\_FRAG...  
Tamaño del archivo: 1,005.81K  
Total páginas: 24  
Total de palabras: 5,437  
Total de caracteres: 27,936  
Fecha de entrega: 14- may- 2019 11:21a.m. (UTC+0200)  
Identificador de la entrega: 1130236846



UNIVERSIDAD  
COMPLUTENSE  
MADRID

TRABAJO FIN DE GRADO

VARIACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL, SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y  
DIAMETRO PUPILAR CON FILTRO DE ABSORCIÓN

Autores:

Sandra Prados Fragoso  
Joao Panillo Mayta

Tutor/es

Nuria Garzón Jiménez  
Miguel A. Muñoz Sanz  
Félix González Blanco

Facultad de Óptica y Optometría

Universidad Complutense de Madrid

Curso académico 2018-2019

Variación de la agudeza visual, sensibilidad al contraste y diámetro pupilar con filtro de absorción

INFORME DE ORIGINALIDAD

|                     |                     |               |                         |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 17%                 | 18%                 | 1%            | 8%                      |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

|   |                                |    |
|---|--------------------------------|----|
| 1 | cerro.cpd.uva.es               | 4% |
|   | Fuente de Internet             |    |
| 2 | uvadoc.uva.es                  | 3% |
|   | Fuente de Internet             |    |
| 3 | docplayer.es                   | 3% |
|   | Fuente de Internet             |    |
| 4 | www.once.org                   | 2% |
|   | Fuente de Internet             |    |
| 5 | eprints.ucm.es                 | 1% |
|   | Fuente de Internet             |    |
| 6 | www.acnweb.org                 | 1% |
|   | Fuente de Internet             |    |
| 7 | rua.ua.es                      | 1% |
|   | Fuente de Internet             |    |
| 8 | archivos.fundacionvisioncoi.es | 1% |
|   | Fuente de Internet             |    |
| 9 | pt.scribd.com                  | 1% |
|   | Fuente de Internet             |    |

|                      |         |                       |      |
|----------------------|---------|-----------------------|------|
| Excluir citas        | Apagado | Excluir coincidencias | < 1% |
| Excluir bibliografía | Activo  |                       |      |